

- общей биологии. – 1980. – Т. 41, N 3. – С. 386 - 396.
3. Muller-Mtzfeld, G., Indication von Faunenveränderungen/ G. Muller-Mtzfeld, F. Peplow.// Entomol. Nachr. und Ber. – 1986. – Bd. 30, N 5. – S. 205 - 213.
 4. Стебаев, И.В. Животное население почв сукцессионирующих биогеоценозов/ И.В. Стебаев// Пробл. почв. зоол.: матер. докл. 1 Всерос. сов., сентябрь 1996 г. – Ростов-на-Дону: облИУУ, 1996. – С. 160 -162.
 5. Мордкович, В.Г. Состав жужелиц и диагностика направления сукцессии техногенных экосистем Кузбаса / В.Г. Мордкович, О.В. Кулагин О.В.// Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук. – 1986. – N 13/2. – С. 86 - 92.
 6. Рыбалов, Л.Б. Сравнительная характеристика почвенного населения ксерофитных растительных ассоциаций зандровых равнин Среднего Поволжья (На примере Марийской АССР) / Л.Б. Рыбалов // Фауна и экол. животн. Среднего Поволжья / Мар. гос. ун-т. – Йошкар-Ола, 1990. – С. 47 -73.
 7. Богач, Я. Жуки-стафилиниды (Coleoptera, Staphylinidae) как биоиндикаторы экологического равновесия в ландшафте и влияния человека на примере г. Праги / Я. Богач // Биоиндикация в городах и пригородных зонах. – М.: Наука, 1993. – С. 16 - 27.
 8. Тихомирова, А.Л. Фауна и экология стафилинид (Coleoptera, Staphylinidae) Подмоскovie /А.Л. Тихомирова // Почв. беспозв. Московской области. – М.: – 1982. – С. 201 – 222.
 9. Кузнецова, Н.П. Динамика населения стафилинид (Coleoptera, Staphylinidae) в ходе почвообразования на примере Белорусского Поозерья: автореф. дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.08 и 03.00.16 / Н.П. Кузнецова; Институт зоологии НАН Беларуси. – Витебск: изд-во Витебского гос. мед. ун-та, 2003. – 21 с.

Поступила 28.11.2006 г.

О.В.Чернышова, Р.А.Родионова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА АТОМНО-АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ В АНАЛИЗЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ, ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ И ДРУГИХ ОБРАЗЦОВ

Витебский государственный
медицинский университет

Представлен обзор об использовании атомно-абсорбционной спектроскопии для определения тяжелых металлов в лекарственных средствах, пищевых продуктах, биологических матрицах, а также в экологическом анализе.

Атомно-абсорбционный анализ - один из методов аналитической химии, который широко применяется в лабораториях самого различного профиля [1, 2, 3].

Пятьдесят лет назад, в апреле 1955 г., в журнале Spectrochimica Acta появилась статья А. Уолша «Применение атомных абсорбционных спектров для химического анализа», официально ознаменовавшая рождение нового метода инструментального анализа - атомно-абсорбционной спектроскопии. Важной вехой в становлении атомно-абсорбционной спектроскопии явилась публикация в 1966 г. статьи Ганса Массмана. Однако, широкое практическое развитие данный метод получил только в семидесятые годы, а его использование началось в восьмидесятых годах прошлого столетия [4,5].

Атомно-абсорбционная спектроскопия характеризуется селективностью, воспроизводимостью, чувствительностью, возможностью автоматизации и определения нескольких элементов в одном растворе, отсутствием длительных подготовительных операций, экономичностью и разнообразием в выборе анализируемых образцов и интервала определяемых концентраций [1]. Прямое атомно-абсорбционное определение нанограммовых количеств элементов в исследуемых лекарственных средствах – достаточно трудная задача из-за существенного влияния лекарственной

основы на аналитический сигнал. Предел определения большинства элементов этим способом составляет 1 мкг/г. Чувствительность метода достаточна для определения примесей, но часто не удовлетворяет требованиям определения основных примесей и компонентов образца [6].

Цель обзора: показать варианты использования метода атомно-абсорбционной спектроскопии в анализе лекарственных средств, лекарственного растительного сырья, пищевых продуктов и других образцов (почва, биологический материал, сточные воды и др.)

Использование метода атомно-абсорбционной спектроскопии при определении тяжелых металлов в пищевых продуктах

В одной из своих ранних работ Зееман и Батлер приводят результаты определения свинца меди и цинка в винах методом атомной абсорбции. Для увеличения концентрации металла производили озолечение исследуемого образца. Усовершенствования, сделанные для повышения чувствительности прибора, позволили без озолечения определять цинк и медь в винах в концентрациях 0,01 мкг/мл и выше, а также свинец в концентрациях 0,05 мкг/мл и выше. Фрей определял медь в пиве в концентрациях 0,2 - 0,8 мкг/мл и железо в концентрациях 0,06 - 0,1 мкг/мл. Кальций, натрий и калий определяли в тех же образцах [7].

Эксперименты показали, что различные безалкогольные напитки можно подавать для определения свинца, меди, железа, цинка и других металлов непосредственно в горелку.

Разработан комплекс экспрессных методик определения Fe, Zn, Cu, Pb, Cd и Hg в винах. Применение ультразвука для дегазации растворов, удаления этанола, интенсификации разрушения органических соединений позволяет повысить экспрессность и улучшить воспроизводимость анализа [8].

С целью исключения стадии минерализации в работе предусмотрено прямое полярографическое определение свинца в виноградных соках с пределом обнаружения 0,01 мкг/мл. Однако сходимость ре-

зультатов недостаточна для анализа пищевых продуктов (при определении свинца на уровне ПДК относительное стандартное отклонение s_r в зависимости от вида соков варьируется от 0,14 до 0,27) [8,9].

Разработан сорбционно - атомно - абсорбционный метод определения Cd, Pb и Cu в режимах "вне потока" и "на потоке" в молокопродуктах с использованием концентрирующих патронов и микроколонок. В качестве сорбента использовали кремнезем, химически модифицированный группами иминодиуксусной кислоты. Выбраны условия концентрирования металлов, объем и скорость прокачивания растворов. Показано, что в проточном варианте с микроколоной значительно сокращается продолжительность анализа, включая стадию пробоподготовки. Проточный вариант позволяет экспрессно определять металлы на уровне концентраций ниже ПДК с высокой воспроизводимостью ($s_r = 0,03-0,06$) [7].

Разработана экспрессная методика анализа молокопродуктов (молоко, сыр, сливки и др.), основанная на минерализации проб небольшим количеством (3-5 мл) минеральных кислот (HNO_3 , H_2SO_4 , HCl и HClO_4) в сочетании с обработкой ультразвуком. Определение микроэлементов (свинец, медь, кадмий, цинк, железо) в минерализатах проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Использовали электротермический атомизатор. Ртуть определяли методом «холодного пара» на фотометре [10].

Применение ультразвука для интенсификации мокрого озолечения молокопродуктов позволило уменьшить продолжительность анализа в 20-40 раз. Предел обнаружения железа, цинка, свинца, меди, кадмия и ртути составил 40; 180; 1,5; 0,3; 0,2; 0,14 мкг/кг - для молока, сливок жирностью 8% и кисломолочных продуктов, а для творога, сухого и сгущенного молока, масла сливочного и сливок жирностью более 8% - 70; 360; 3; 0,6; 0,4 и 0,28 мкг/кг соответственно [10].

Разработана экспрессная атомно-абсорбционная методика определения свинца, меди и кадмия в сахаре и продуктах на его основе. Показано, что предвари-

тельная обработка ультразвуком анализируемых растворов повышает экспрессность и чувствительность анализа. Предел обнаружения Pb, Cu и Cd в пробах равен 0,067, 0,013 и 0,004 мг/кг соответственно [10].

Анализ сахара и продуктов на его основе осложнен необходимостью предварительного озоления проб. При определении в сахаре токсичных элементов используют сухое озоление – обугливание продукта на электроплитке с последующей термообработкой в муфельной печи при температуре от 150 до 450 градусов. Сахар является одним из наиболее трудноозоляемых продуктов – время озоления более 30 ч., при этом возможны потери определяемых токсичных элементов [11]. Возможен анализ сахара методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) без озоления. Предварительно Pb, Cu, Cd экстрагируют непосредственно из растворов сахара, однако их концентрация не может превышать 15 г/л; при этом степень извлечения этих элементов не превышает 90% [11].

Предложен способ практической реализации стандартного метода прямого определения фосфора в растительных маслах методом электротермической атомно-абсорбционной спектроскопии с автоматическим дозированием проб. Показаны аналитические преимущества использования графитовой платформы и лантанового модификатора, приготовленного на основе растительного масла. Разработанная методика позволяет контролировать содержание фосфора в растительных маслах различных сортов в диапазоне от 10 до 790 мг/кг с приемлемой правильностью и воспроизводимостью [12].

Использование метода атомно-абсорбционной спектроскопии при определении тяжелых металлов в лекарственных средствах и лекарственном растительном сырье

Описано применение пламенной ААС для определения Ca и Mg в образцах чая и лекарственном растительном сырье. Метод обеспечивает аналитическую эффективность по Ca и Mg, соответственно

92,5 и 105,1%. Погрешности определения 1,9-2,75% [13].

Представлены данные о содержании 14 тяжелых металлов в 60 видах растительного сырья, заготавливаемого для медицинских целей. Определение проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии [14].

Описано атомно-абсорбционное определение ртути в наркосодержащих растениях. Универсальным является непламенный атомно-абсорбционный анализ (метод «холодного пара»), который включен в международный стандарт. Предложен ультразвуковой способ (УЗ) разложения. Разложение проводят HNO₃ и HCl при воздействии УЗ в течение 2 минут [15,16].

Разработан атомно-абсорбционный (графитовая печь) метод определения общего содержания селена в природных и сточных водах, растениях и почвах. Для предварительного концентрирования селена использовали его селективную экстракцию гексен-1 из перхлоратно-бромидной среды в форме селеноорганического соединения. Правильность метода подтверждена анализом стандартных образцов состава, сопоставлением результатов анализа образцов разработанным и независимыми методами и по способу “введено-найдено”. Относительное стандартное отклонение определения 0,01-2 мг/г (0,4-360 мкг/л в водах) селена составляет 0,02-0,15. Предел обнаружения селена (3σ-критерий) равен 0,01 мкг/мл, что при объеме экстракта 2,5 мл, навеске образца 5 г или аликвотной части пробы воды 200 мл равно, соответственно, 0,005 мкг/г и 0,1 мкг/л [17].

Разработана методика прямого определения Cd, Co, Cr, Cu, Mn и Ni в концентрированных растворах хлорида кальция методом электротермической атомно-абсорбционной спектроскопии. В качестве химических модификаторов изучены аскорбиновая и щавелевая кислоты, а также нитрат магния. Наилучшим модификатором оказалась щавелевая кислота. Несмотря на использование атомно-абсорбционного спектрометра со сравнительно малоэффективной системой коррекции фона (с дейтериевой лампой), в присутст-

вии щавелевой кислоты возможно уверенное определение изученных элементов до концентрации хлорида кальция в растворе 6%. В связи с тем, что кадмий испаряется раньше основной части данной матрицы, его можно определять без модификатора [18,19,20].

Проанализировано методом атомно-абсорбционной спектроскопии на содержание примесей тяжелых металлов около 200 наименований готовых лекарственных средств и лекарственного растительного сырья, так как тяжелые металлы, используемые как катализаторы в синтезе некоторых органических лекарственных средств являются примесями. Наиболее высокое содержание Fe, Zn, Mn, Cu, Pb найдено в таблетированных лекарственных средствах [21,22].

Комплексное использование методов атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и электротермической атомно-абсорбционной спектроскопии, а также автоклавной пробоподготовки позволяет существенно улучшить метрологические параметры определения тяжелых металлов и упростить существующие схемы определения форм их нахождения [23].

Исследован элементный состав настоек боярышника, пустырника, календулы, пиона уклоняющегося методом ИСП-АЭС (Optima 2000 DV, PerkinElmer, США), ИПС-МС (Elan 9000, PerkinElmer, США) [24].

Разработана методика определения кадмия в стандартных образцах растений методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Измерения проводили на приборе марки «Сатурн» при аналитической линии, равной 228 нм. Полученные данные сопоставимы с результатами фотоколориметрического метода [25].

Разработана методика и предложены рациональные схемы определения примесей тяжелых металлов в лекарственных средствах и сырье методом пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии для контроля чистоты лекарственных средств на содержание примесей тяжелых металлов и для определения микроэлементного состава лекарственного растительного сы-

рья и их лекарственных форм [26].

Использование метода атомно-абсорбционной спектроскопии при определении тяжелых металлов в других образцах

Определение кальция в сыворотке крови и животных тканях. Определение проводят в воздушно-ацетиленовом пламени с использованием лампы с полым катодом. Для устранения мешающего влияния фосфат-ионов в растворы стандартов и анализируемого образца вводят избыток солей лантана. Для анализа сыворотки крови 0,25 мл образца разбавляют до 5,0 мл раствором соли лантана и очищенной водой. Приготовленные стандартные растворы должны содержать 0,2; 5,8 и 10 мкг/мл кальция и такое же количество соли лантана. Образцы животных тканей предварительно сжигают в муфельной печи в течение 12 часов, остаток растворяют в хлороводородной кислоте и разбавляют очищенной водой и солями лантана до примерной концентрации кальция в интервале от 1 до 10 мкг/мл [27].

Исследованы варианты прямого, без применения каких-либо вспомогательных веществ и реактивов или с минимальным их использованием, определения Mn, Cu, Pb и Hg в крови, моче и волосах методом зеемановской атомно-абсорбционной спектроскопии с высокочастотной модуляцией поляризации с электротермической атомизацией и атомизацией в газоразрядном атомизаторе. Высокая селективность используемого метода дифференциального абсорбционного анализа позволила определять содержание элементов в биопробах в жестком режиме – при наличии существенного неселективного поглощения. Результаты, полученные на разных аналитических установках (с электротермической атомизацией и атомизацией в газоразрядном атомизаторе), а также при прямом определении элементов в биопробах при кислотном разложении последних, находятся в хорошем соответствии [28,29].

Предложен способ выделения и концентрирования селена из биообъектов в виде оксида селена (IV), основанный на сжигании пробы в токе кислорода и водяного пара. Показано, что селен в различ-

ных степенях окисления эффективно разделяется методом избирательного сорбционного концентрирования Se(IV) силикагелем, модифицированным аллилтиомочвиной. Установлена необходимость использования водяного пара для достижения максимального выхода селена и повышения правильности и воспроизводимости анализа [30].

Разработана атомно-абсорбционная методика определения Cu, Pb и Mo в водной вытяжке из почв, предусматривающая предварительное концентрирование элементов с осаждением с 3,5-дифенилпиразолиндитиокарбаминатом Na при pH 1-2. Полученный концентрат переводят в суспензию, которую анализируют, используя для градуировки нитратные растворы металлов. Пределы обнаружения водорастворимых форм Cu, Pb и Mo в почвах равны 1; 0,2 и 0,75 нг/г соответственно [31].

Разработана методика микроволнового разложения биологических объектов растительного и животного происхождения для последующего определения 24 макро- и микроэлементов методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (АЭС-ИСП) и электротермической атомно-абсорбционной спектроскопии (ЭТААС). Изучено влияние различных параметров на полноту разложения органических материалов под действием СВЧ-излучения во фторопластовых автоклавах. Оценены спектральные наложения и влияния кислот, составлены программы для определения 24 элементов. Определение Mo, Sn, Cd, Pb, Tl, Sb, Bi, Se, As, Te, Co, и Ni (10^{-6} – 10^{-4} %) проведено методом ЭТААС. Рациональный подход, сочетающий микроволновое разложение, методы АЭС-ИСП и ЭТААС, позволяет из одной навески образца получить полную информацию об элементном составе биологических объектов [32].

Предложены условия экспрессного разложения почв и пылей для последующего определения хрома и других тяжелых металлов (алюминия, железа, хрома, меди, марганца, никеля, кобальта, кадмия, свинца, стронция, бария) методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и атомно-

абсорбционной спектроскопии. Разработана методика микроволнового разложения почв и пылей. Отмечена легкость полной деструкции в СВЧ-поле природных растворенных органических веществ [33, 34].

Описано применение пламенной ААС для определения Fe, Zn, Ca, Cu, K, Na, Mn, Mg в некоторых объектах [35].

Разработана методика косвенного определения Zr методом ААС. Методика основана на замещении Cu в комплексе Cu-n-нитрозофенил гидроксилламин четырехвалентным цирконием, с последующим определением Cu в растворе методом ААС [36].

Предложен атомно-абсорбционный способ определения меди и кадмия в пламени пропан-бутан-воздух с предварительным электрохимическим и сорбционным концентрированием. Электрохимическое концентрирование проводили на металлических электродах из титана, тантала, молибдена, платины, а также на электродах из стеклоглерода и спектрального графита. Сорбционное концентрирование осуществляли на фильтровальной бумаге с иммобилизованными дитизоном, 8-оксихинолином и рубеноводородной кислотой. Показана возможность определения меди и кадмия в водах в диапазоне концентраций 1-10 мкг/л [37].

С использованием математического планирования эксперимента оценено взаимное влияние элементов при атомно-абсорбционном анализе волос человека. Оценивали влияние Na, Cl, Ca, Fe, Zn и Pb. Предложены два способа учета взаимного влияния: создание многоэлементных образцов сравнения, химический состав которых задают с использованием полученных моделей, и представление градуировочных функций в виде многомерных полиномов [38].

Предложено атомно-абсорбционное определение тяжелых металлов в воде и других образцах после предварительного концентрирования на полимерных сорбентах [39].

Метод атомно-абсорбционной спектроскопии может быть применен для регламентации содержания примесей в "Климонте" (природная смесь минералов) [40].

Предложен высокочувствительный атомно-абсорбционный/ атомно-флуоресцентный метод определения Ag, Bi, Cd, Pb и Tl (III) в природных водах, включающий динамическое концентрирование металлов непосредственно в тигле-микроколоне [41].

Разработан сорбционно-атомно-абсорбционный метод определения общего содержания элементов в природных водах, включающий одновременное концентрирование растворенных и взвешенных форм непосредственно в многофункциональном тигельном атолизаторе, наполненном ДЭТАТА-сорбентом [42].

Разработана методика экстракционно-атомно-абсорбционного электротермического определения бериллия и кадмия в пресных водах, растительных материалах и вытяжках из почв с применением в качестве экстрагента пеларгоновой кислоты [43].

Разработан метод атомно-абсорбционного определения следов никеля после адсорбции его комплекса с 1-(2-пиридилазо)-2-нафтолом на микрокристаллическом нафталине. Изучено влияние различных параметров: pH, объема водной фазы, большого числа посторонних ионов с целью оптимизации условий определения никеля в различных стандартных образцах сплавов, биологических объектах и объектах окружающей среды [44].

Описано применение атомно-абсорбционной спектроскопии для определения токсичных металлов в печени, образцах крови и других биологических объектах после минерализации [45,46].

SUMMARY

O.V.Chernishova, R.A.Rodionova APPLICATION OF ATOMIC- ABSORPTION SPECTROMETRY TO THE ANALYSIS OF DRUGS, FOODS AND OTHER OBJECTS

A review is presented of the use of atomic-absorption spectrometry for the determination of heavy metals in drugs, foods, biological matrixes as well as in enviromental analysis.

ЛИТЕРАТУРА

- 1.L'vov, B.V. Atomic Absorption Spectrochemical Analysis / B.V. L'vov. – London : Adam Hilger, 1970. – 324 с.
- 2.Бланк, А.Б. Учет примесей при определении следов фотометрическими методами / А.Б. Бланк // Журн. аналит. химии. – 1960. – Т. 15, вып. 3. – С. 359- 361.
- 3.Кузьмин, Н.М. Экстракционное концентрирование при анализе высокочистых веществ / Н.М. Кузьмин [и др.] // Журн. аналит. химии. – 1969. – Т.24, №3. – С. 429-434.
- 4.Massmann, H. Spurenanalyse mittels Atomabsorption in der Graphitcuvetten nach L'vov / H Massmann. – II International Symposium "Rtinststoffe in Wissenschaft and Technik". – Berlin: Academie-Verlag, 1966. – 297 s.
- 5.Львов, Б.В. Атомно-абсорбционной спектроскопии-пятьдесят лет / Б.В. Львов // Журн. аналит. химии. – 2005 – Т. 60, №4. – С. 434-446.
- 6.Славин, У.С. Атомно-абсорбционная спектроскопия / У.С. Славин. – Л.: Химия, 1971.
- 7.Тихомирова, Т.И. Сорбционно – атомно - абсорбционное определение токсичных металлов в молокопродуктах / Т.И. Тихомирова, Е.Н. Шепелева, В.И. Фадеева // Журн. аналит. химии. – 1999. – Т. 54, №4. – С. 441-444.
- 8.Чмиленко, Ф.А. Атомно-абсорб-ционное определение нормируемых примесей металлов в винах с использованием ультразвука / Ф.А. Чмиленко, Л.В.Бакланова // Жур. аналит. химии. – 1997. – Т. 52, №11. – С. 1206-1212 .
- 9.Вайнфорднер, Дж. Спектроскопические методы определения следов элементов / Дж. Вайнфорднер и [и др.]; под ред. Дж. Вайнфорднера; пер. с англ. Ю.И. Беляева, Г.И. Рамендика; под ред. О.М. Петрухина, В.В. Недлера – М.: Мир, 1979. – 494 с.
10. Чмиленко, Ф.А. Атомно-абсорбционное определение токсичных и биологически активных микроэлементов в молокопродуктах с использованием ультразвука для ускорения минерализации / Ф.А. Чмиленко, А.Н. Бакланов // Журн. аналит. химии. – 1992. – Т. 47, вып. 7. – С. 1322-1327.
11. Чмиленко, Ф.А. Атомно-абсорбционное определение токсичных элементов в сахаре и продуктах на его основе с использованием ультразвуковой пробопод-

- готовки / Ф.А. Чмиленко, Л.В. Бакланова // Журн. аналит. химии. – 1998. – Т. 53, №8. – С. 891-894.
12. Захаров, Ю.А. К вопросу прямого определения фосфора в растительных маслах методом электротермической атомно – абсорбционной спектроскопии / Ю.А. Захаров, Э.К. Мотыгуллин, А.Х. Гильмутдинов // Журн. аналит. химии. – 2000. – Т. 55, №7. – С. 723-727.
13. Ma, G. Непосредственное определение Са и Mg в образцах чая методом пламенной атомно – абсорбционной спектроскопии / G. Ma, J. Zhang // Guangpu xue yu guangpu feksi spektrosk. and spectral anal. – 1999. – 19, №4. – С. 627-628.
14. Листов, С.А. О содержании тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье / С.А. Листов, Н.В. Петров, А.П. Арзамасцев // Фармация. – 1990. – №2. – С. 19-25.
15. Гончарова, Н.Н. Атомно-абсорбционное определение ртути в наркосодержащих растениях / Н.Н. Гончарова [и др.] // Всерос. конф. «Химический анализ веществ и материалов», Москва, 2000. – С. 146-148.
16. Петров, Н.В. Изучение фармакопейных тестов на примеси тяжелых металлов / Н.В. Петров [и др.] // Фармация. – 1990. – №2. – С. 51-54.
17. Торгов, В.Г. Экстракционно-абсорбционный метод определения селена в водах, растениях и почвах / В.Г. Торгов, М.Г. Демидова, А.Д. Косолапов // Журн. аналит. химии. – 1998. – Т. 53, №9. – С. 964-969.
18. Игнатова, С.Н. Определение кадмия, кобальта, марганца, меди, никеля и хрома в концентрированных растворах хлорида кальция методом электротермической атомно-абсорбционной спектроскопии / С.Н. Игнатова, А.Б. Волынский // Журн. аналит. химии. – 2001. – Т. 56, №11. – С. 1158-1162.
19. Листов, С. А. Примеси тяжелых металлов и доброкачественность лекарственных средств / С.А. Листов, А.П. Арзамасцев // Хим.-фарм. журнал. – 1989. – №6. – С.739 – 745.
20. Листов, С. А. Изучение содержания примесей тяжелых металлов в лекарственных средствах / С.А. Листов [и др.] // Хим.-фарм. журнал. – 1990. – №9. – С. 75-77.
21. Петров, Н.В. Изучение фармакопейных тестов на примеси тяжелых металлов / Н.В. Петров [и др.] // Фармация. – 1990. – №2. – С. 51-55.
22. Петров, Н.В. Примеси тяжелых металлов в лекарственных формах и субстанциях / Н.В. Петров [и др.] // Фармация. – 1994. – №5. – С. 12-18.
23. Петров, И.В. Разработка и совершенствование методик определения примесей тяжелых металлов в фармацевтической продукции и биообъектах: Автореф. докт.дисс. - М.,1991г. – 35 с.
24. Плетенева Т.В. Тяжелые металлы и стандартизация настоек / Т.В. Плетенева [и др.] // Фармация. – 2004. – №4. – С. 9-10.
25. Полуянов, В.П. Определение кадмия в растениях / В.П. Полуянов // Фармация. – 1991. – №1. – С. 60-61.
26. Петров, Н.В. Определение микроэлементов и примесей тяжелых металлов в лекарственных средствах и сырье методом пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии / Н.В. Петров // Фармация. – 1993. – №5. – С. 30-32.
27. Трошкова, Г.П.. Химико – атомно – эмиссионное определение микроэлементов в биологических жидкостях / Г.П. Трошкова // Журн. аналит. химии. – 1990. – Т. 45, вып. 6. – С. 1234-1237.
28. Ганеев, А.А. Прямое определение марганца, меди, свинца и ртути в биопробах методом зеемановской атомно-абсорбционной спектроскопии высокочастотной модуляцией поляризации / А.А. Ганеев [и др.] // Журн. аналит. химии. – 1999. – Т. 54, №1. – С. 69-77 .
29. Гадаскина, И.Д. Определение промышленных неорганических ядов в организме / И.Д. Гадаскина, Н.Д. Гадаскина, В.А. Филов. – Л.: Медицина, 1975, – С. 55-56, 110-112.
30. Избаш, О.А. Атомно-абсорбционное определение селена в биообъектах с предварительным выделением в газовую фазу методом отгонки / О.А. Избаш [и др.] // Журн. аналит. химии. – 1999. – Т. 54, №5. – С. 487-490.
31. Брыкина, Г.Д. Определение микроколичеств меди и палладия методом производной твердофазной спектроскопии в присутствии ПАВ / Г.Д. Брыкина [и др.] // Журн. аналит. химии. – 1988. – Т. 53, вып.

12. – С. 2191-2194.
32. Седых, Э.М. Микроволновое разложение биологических объектов для последующего атомно-абсорбционного и атомно-эмиссионного (с индуктивно связанной плазмой) анализа / Э.М. Седых [и др.] // Журн. аналит. химии. – 1991. – Т. 46, вып. 2. – С. 292-299.
33. Львов, Б.В. Атомно-абсорбционный спектральный анализ / Б.В. Львов. – М.: Наука, 1966. – 392 с.
34. Карякин, А.В. Атомно-эмиссионное определение микроэлементов в кубинских почвах с применением ультразвуковой обработки проб / А.В. Карякин [и др.] // Журн. аналит. химии. – 1989. – Т. 54, вып. 8. – С. 1480-1484.
35. Peng, M. Определение восьми следовых элементов в некоторых растительных пробах методом пламенной атомно – абсорбционной спектроскопии / M. Peng, Q. Zhou // Guangpu xue yu guangpu feksi spektrosk. and spectral. anal. – 2000. – 20, №1. – С. 89-90.
36. Song, Guilan. Определение циркония методом косвенной атомно-абсорбционной спектроскопии / Song Guilan [et al.] // Fenxi huane anal. chem. – 2000. – 28, №9. – С. 1098-1102.
37. Абдулин, И.Ф. Атомно-абсорбционное определение меди и кадмия с предварительным электро-химическим и сорбционным концентрированием / И.Ф. Абдулин, Е.Н. Турова, Г.К. Будников // Журн. аналит. химии. – 2000. – Т. 55, №6. – С. 630-632.
38. Полонникова, В.В. Изучение взаимного влияния элементов при атомно-абсорбционном анализе волос человека / В.В. Полонникова [и др.] // Журн. аналит. химии. – 2000. – Т. 55, №1. – С. 35-39.
39. Назаренко, И.И. Атомно-абсорбционное определение тяжелых металлов в воде и других образцах после предварительного концентрирования на полимерных сорбентах / И.И. Назаренко [и др.] // Журн. аналит. химии. – 1985. – Т. 40, №12. – С. 2129-2133.
40. Федосеев, К.Г. Количественный анализ некоторых примесных элементов в энтеросорбенте «Климонт» методом атомно-абсорбционной спектроскопии / К.Г. Федосеев [и др.] // Хим.-фарм. журнал. – 2004. – №5. – С. 42-44.
41. Орешкин, В.Н. Атомно-абсорбционное/ атомно-флуоресцентное определение следов элементов с использованием атомизатора-ми кроколонки для концентрирования / В.Н. Орешкин, Г.И. Цизин, Г.Л. Внуковская // Журн. аналит. химии. – 1999. – Т. 54, №11. – С. 1163-1166.
42. Орешкин, В.Н. Определение общего содержания следов элементов в природных водах сорбционно-атомно-абсорбционным методом с фракционным испарением концентратов в тигельном атомизаторе / В.Н. Орешкин, Г.И. Цизин // Журн. аналит. химии. – 2004. – Т. 59, №9. – С. 988-992.
43. Гранжан, А.В. Экстракционно-атомно-абсорбционное определение берилия и кадмия в природных объектах / А.В. Гранжан, Г.М. Кучук, А.К. Чарыков // Журн. аналит. химии. – 1990. – Т. 45, №10. – С. 2015-2018.
44. Тахер, М.А. Атомно-абсорбционное определение следов никеля после предварительного концентрирования на нафталине с иммобилизованным 1-(2-пиридилазо)-2-нафтолом или его комплекса на микрокристаллическом нафталине / М.А. Тахер, С. Балани, В.К. Пури // Журн. аналит. химии. – 2000. – Т. 55, №10. – С. 1080-1085.
45. Rondon, C. Selective determination of antimony (III) and antimony (V) in liver tissue by microwave-assisted mineralization and hydride-generation atomic-absorption spectrometry / C. Rondon [et al.] // J. Anal. Chim. – 1995. – 353, №2. – С. 133-136.
46. Ramos, M. Determination of cadmium, chromium and nickel in human tissues by graphite-furnace atomic absorption / M. Ramos [et al.] // Quim.-Anal. – 1987. – 6, №3. – С. 362-367.

Поступила 11.12.2006 г.
